HÁ QUEM PENSE, PAISAGENS SÃO MÁQUINAS TÉRMICAS E TÊM PULSÃO DE MORTE

Dante Flávio da Costa REIS JÚNIOR [1]

RESUMO

O uso funcional da linguagem fisicista não é uma novidade em Geografia. Ela se introduz mais intensamente na disciplina a partir dos anos cinqüenta do século passado e, tendo sido motivo de celeumas no debate (imorredouro) sobre o seu cisma epistemológico, permanece, em ambiente mais pacífico, no âmbito da Geografia Física. É que a fraseologia sistêmica – genuinamente derivada da teoria termodinâmica – mostrou sua aplicabilidade nas situações em que o objeto sob inquérito se permite enxergar hierarquizado, sujeito a fluxos *in*/*out* e ou deve sua organização a um mútuo condicionamento de variáveis. Daí que a incorporação da abordagem em sistemas veio (a princípio, no sub-campo da geomorfologia) trazer às explanações acerca da dinâmica paisagística, a oportunidade de um tratamento por conceitos bem entrosados: *entropia*, *estado estacionário*, *homeostase*, *retroalimentação*, etc. Acontece que a admissão da validade descritiva da teoria dos sistemas gerais (ainda que ela possa se restringir à fronteira da analogia) nos induz a pensar que, a par de mero isomorfismo, a estrutura do ambiente físico pode mesmo dever sua conformação à regência dos exatos mesmos princípios que fazem evoluir os sistemas biofísicos escancarados. Conforme a segunda lei da termodinâmica, os sistemas encerrados (não interativos com o ambiente que lhes seja externo) tendem a diminuir a informação sobre si, na medida em que vêem seu conteúdo energético útil diminuir, dissolvendo discernimentos internos – a isto dá-se o nome de "desordem", cujo valor máximo equivale à condição de equilíbrio. Já os sistemas interativos (permutadores de energia com a ambiência) reverenciam a mesma legislação, mas por via indireta. Por serem abertos, preservam sua ordem dentro de certos limites; condição instável que alguns autores chamam (indevidamente) de "equilíbrio dinâmico". E este provisório estado, ensejado por uma providencial complexidade adquirida pelo sistema, se dá às custas do aumento de entropia (desordem) na externalidade – fato que termina, pois, por ratificar a validade da segunda lei (sempre posta em dúvida, nos estranhos casos de abertura). No entanto, a pseudo-estabilidade se dá, também, às expensas de uma imagem serena de placidez: no "desejo" de auto-preservação, os sistemas abertos convivem com a indespejável vizinhança do derradeiro acabamento; têm de arriscar-se sempre junto à fronteira de seu próprio termo. Os elementos do ambiente físico, uma vez que se condicionam mutuamente no "plano" de arrematar o todo paisagístico, parecem operar neste mesmo sentido: arranjam-se em organizações espaciais de taxonomia superior e com estabilidade não mais que efêmera. À guisa de melhor ilustração, utilizaremos como veículo de exame do tema alguns apontamentos teóricos de Fritjof Capra e Edgar Morin, bem como as reflexões aplicativas que Antonio Christofoletti (1936-1999) fez a propósito, em parte de sua obra.

INTRODUÇÃO

Certos geógrafos físicos, topando com modelos teóricos aparentemente prósperos em ciências alheias, perceberam o demasiado restrito poder descritivo dos que há tempos vinham utilizando. É a começar pela década de cinqüenta – com Arthur N. Strahler – que os modelos cíclicos se vêem periclitando diante de teorias adaptadas da Física dos fenômenos térmicos e da Biologia teórica (numa já adaptação à termodinâmica). Neste pioneiro, os geógrafos, que já estavam habituados a utilizar técnicas (bastante simples, à época) de

[1] Universidade Estadual de Campinas. Doutorando em Geografia. dante@ige.unicamp.br.

quantificação, passam a também ensaiar descrições à base de métodos quantitativos de mais elevado teor abstrato. São técnicas estatísticas que, na função de bem ilustrar os processos morfogenéticos, intentam trata-los enquanto geradores de ocorrências estimadas por probabilidades. Esta Matemática contemplativa do aleatório se mescla aos conceitos sistêmicos e pari, no particular seio da Geografia Física, as chamadas teoria do "equilíbrio dinâmico" (talvez equivocadamente assim nomeada) e teoria probabilística – ambas notadamente contrastantes com o modelo do ciclo geográfico, atribuído a William M. Davis, e com o da pedimentação/pediplanação, de Walther Penck e Lester King. Por conseqüência, os geógrafos interessados em geomorfologia (litorânea, fluvial) iniciam a investigar os fenômenos de esculturação segundo uma correspondência diversa entre processo e forma: a geometria das estruturas (avaliada por atributos mensuráveis) são, antes, respostas a uma dinâmica guiada por princípios do tipo estocástico. Pelo novo viés, tal qual máquinas térmicas – ou enquanto suas análogas –, as paisagens evoluiriam à mercê do que determinam, ao mesmo tempo (e sem contradição), a segunda lei da termodinâmica e os processos peculiarmente manifestos nos sistemas do tipo aberto. Isto é, elas, que são melhor ditas "organizações espaciais", tenderiam a encontrar um estado de relativa estabilidade (auto-sustentando-se, conforme a interação com o ambiente for segura) já bem próximas de um nível alto de entropia bem nas vizinhanças de sua morte térmica.

DA GRADATIVA MUDANÇA FRASEOLÓGICA, UMA EPISTEMOLOGIA CURIOSA

Cerca de meio século atrás alguns geógrafos norte-americanos e europeus (ingleses e suecos, pelo menos) direcionavam suas pesquisas no sentido de revigora-las pela introdução de modelos teóricos robustos. O pensamento sistêmico particularmente sofisticado pela teoria termodinâmica se manifesta em trabalhos geográficos a partir da década de cinqüenta. A viabilidade disto se explica muito em razão de, tempos antes, alguns geógrafos já terem, cada um a seu próprio feitio, sugerido a possibilidade de se falar de paisagem enquanto unidade forjada à base de uma costura de integrantes (Sauer, 1925; Troll, 1939). Contudo, mais evidente sepultamento do viés mecanicista de explanação se dá, como marco, com Strahler (1950) e, em seguida, com Culling (1957), Hack (1960) e Chorley (1962).

A base dinâmica da geomorfologia, por exemplo, é sofisticada através destes trabalhos pioneiros – ensaios que quiseram descrever o equilíbrio manifestado em perfis longitudinais de cursos d'água, nas redes hidrográficas as quais eles ajudassem a compor, nas bacias que delas se constituíssem. Estimativas de equilíbrio podiam feitas mediante o conceito de *entropia* e segundo a lei (oriunda da Física) do crescimento alométrico.

Entropia, grandeza inicialmente proposta a descrever estado de ordem/desordem dos sistemas termodinâmicos, recebe papel análogo a jogar no tratamento das paisagens – entendidas, por conseguinte (por aqueles que dela passaram a lançar mão), como estruturas de inter-relações passíveis de terem seu arranjo avaliado no quesito ordenação. Este, alguns geógrafos físicos confundiram com uma variável denotadora de equilíbrio (agregando-lhe, aliás, uma adjetivação). Assim, o "equilíbrio dinâmico" estava instalado nas paisagens desde que, retardando ao máximo o trabalho da segunda lei da termodinâmica (que diz ser irrevogável um epílogo de desordem máxima), elas conservassem harmônico o entrosamento com os "fatores controlantes" (sobretudo variáveis climáticas, geológicas e antrópicas). No seu equilíbrio dinâmico, as paisagens, portanto, "estacionariam" em situação confortável de trânsito material e energético; elas assimilariam bem os *inputs* de forma a manterem seus elementos constituintes (vegetação-fauna-água-solos-relevo) com as respectivas interdependências intactas. Resumindo, as paisagens possuiriam entropia elevada (mas não máxima!) e isto lhes conferia "ordem" e "equilíbrio" simultâneos. Para quem conhece a teoria termodinâmica, contudo, soa esquisita a concepção desta suposta simultaneidade.

Alometria, propriedade de sistemas físicos que diz ser proporcional a alteração (no caso, em tamanho) que um elemento sofrerá à medida que um segundo também se veja alterado.

Transposta à Geografia Física, ela legitimava se pensar na interdependência dos elementos constituintes do sistema bacia (cobertura vegetal, vertente, rede de drenagem, canais unitários). E a transposição, mais que simplesmente terminológica, estabelecia a possibilidade de que os pesquisadores avaliassem, pelo intermédio de técnicas quantitativas, o estado de equilíbrio da paisagem física.

O exemplo, que, ademais, pareceu útil a recolocar a Geografia Física sob os holofotes, é seguido, esperançosamente, também pelos geógrafos humanos: Berry (1964) e Haggett (1965) em estudos de hierarquia urbana e análises locacionais de atividade econômica.

Se achegando à fraseologia termodinâmica, as descrições foram modelos que "enxergaram" seus objetos enquanto "sistemas abertos"; isto é, como estruturas que detêm fronteira porosa com uma ambiência fornecedora e receptora, respectivamente, de energia útil e "morta".

As circunstâncias apontavam para a serventia de determinadas perspectivas que, à época, se mostravam úteis enquanto fornecedoras de conceitos e ou procedimentos operatórios em seus respectivos domínios. Assim, do estruturalismo, dos reflexos de uma Física teórica (concernente às mecânicas não-newtonianas), das técnicas de processamento de dados e das teorias cibernética e *Gestalt* – entre demais contribuintes contextuais –, os geógrafos "furtaram" algum seu ingrediente para uma nova empresa explanatória. (Seus fenômenos de interesse começariam, dentro em pouco, a ganhar uma forte conotação ecológica.).

É que decorre daí grande parte da explicação para a tendência de se falar dos fenômenos supondo que se manifestem por propriedades emergentes; que "se construam" tendo por alicerce constituintes entrosados em ordem de hierarquia e de acordo com mútuas dependências. (Nenhuma "parte" é uma ilha; todo atributo nela discernível é efeito de sua imersão numa circunstância de coletividade, onde o "ser algo" identifica-se com "estar junto", iguala-se a "cumprir um papel construtor".).

Acontece que o uso funcional da linguagem fisicista têm sido, há décadas, motivo de celeumas nos debates sobre o cisma epistemológico da Geografia e a filiação filosófica dos seus praticantes. Entretanto, permanece o uso em ambiente mais pacífico, no específico âmbito da Geografia Física. Pode-se explicar este fato pela tendência talvez maior dos geógrafos físicos em se mostrarem democraticamente receptivos aos avanços teórico-conceituais das ciências naturais. Ao passo que os "humanos" ainda sentiriam desconfiança (prudente ou dogmática) para com estes progressos do pensamento científico.

A fraseologia sistêmica – genuíno produto da mecânica estatística – pareceu aos "físicos" ter aplicabilidade nas situações em que o objeto que estivessem inquirindo se permitisse enxergar: 1) hierarquizado, 2) sujeito a fluxos de entrada e saída e ou 3) devendo sua organização a um mútuo condicionamento de variáveis. Ao que tudo indica vem daí a incorporação da abordagem (a princípio, no sub-campo da geomorfologia); da crença de que trazia às explanações com respeito à paisagem (arranjo interno, evolução das formas), a oportunidade de um tratamento por conceitos concatenados: entre outros, o de *entropia* (medidor de equilíbrio), *estado estacionário* (condição de equilíbrio), *homeostase* (propriedade mantenedora de equilíbrio), *retroalimentação* (propriedade mantenedora ou anuladora/substitutiva de equilíbrio).

TEXTUALIZAÇÕES ILUSTRATIVAS

"Vários estados alternativos podem ser alcançados no desenvolvimento de uma paisagem – estados 1, 2, 3, n – e cada estado apresenta determinada probabilidade de ocorrência – p_1, p_2, p_3, ... p_n. Os vários estados alternativos compõem um sistema, e a entropia do sistema é definida como sendo a soma dos logaritmos das probabilidades atribuídas a cada estado alternativo, expresso como: $\phi = c \Sigma \log p$ onde ϕ é a entropia e *c* é uma constante. Essa expressão indica que a probabilidade de determinado estado (determinado arranjo espacial

da paisagem) representa a chance fracionária quando comparada com a unidade, sendo a probabilidade de uma paisagem entre *n* outras possíveis." (CHRISTOFOLETTI, 1973, p. 26, grifo do autor).

Na passagem acima, seu autor – Antonio Christofoletti, eminente geógrafo brasileiro e um nome importante na difusão doméstica da chamada Nova Geografia – se vale de uma explanação ao estilo probabilístico (em nada "clássico", está claro) e incorporando o conceito de *entropia*. Ao invés de optar pelo modelo histórico-seqüencial (de herança davisiana) o autor declara sua circunstancial preferência por uma teoria que admite, antes, um ingrediente aleatório. Neste sentido, por mais que indiretamente, ele acaba sustentando a noção de que as paisagens-sistema ocorrem, de fato, conforme sejam discriminados, dentro de um espaço amostral, os estados mais e menos prováveis. Por suposto, embutida está a aquiescência de um mecanicismo às avessas, pois que a regra do jogo é, aparentemente, o vôo cego (e tanto mais quanto maior o contingente de informação contida na paisagem).

"Quando o sistema funciona em condições de manter um equilíbrio estabilizado conforme a manutenção dos *inputs* fornecidos e das restrições apresentadas, há tendência para a distribuição eqüitativa de energia que vai caracterizar o surgimento dos *estados mais prováveis*, na organização do sistema. [...] considerando que as organizações espaciais são sistemas abertos, elas mantêm-se estabilizadas na medida em que os estímulos [...] possam ser absorvidos pela flexibilidade da organização existente. Quando a introdução de novas forças geram movimentos que ultrapassam o grau de absorção, há um reajuste em busca de novo estado de equilíbrio. A fase de transição entre o estado de equilíbrio existente e o do novo equilíbrio a ser atingido corresponde ao *tempo de readaptação (relaxation time)* do sistema. Os diversos estados transitórios seguidos pelo sistema na passagem entre os dois estados de equilíbrio constitui a *trajetória de readaptação (relaxation path)*." (CHRISTOFOLETTI, 1978, p. 23, grifo do autor).

Nesta segunda, encontramos algumas noções concernentes à leitura da teoria dos sistemas. A de "equilíbrio", por exemplo (aqui sem aquela adjetivação – e talvez fosse o caso, para não implicar o estrito conceito enunciado pela termodinâmica), quer se referir à situação em que a paisagem se encontra devidamente organizada. Ou seja, ela se configura num dado estado porque seus componentes entraram em acordo quanto à melhor forma de se condicionarem uns aos outros, e porque também este acordo previu a ocorrência de perturbações exteriores, as quais, intensas não mais que o tolerável, a paisagem consegue absorver, evitando, por fim, o transtorno de precisar fazer migrações interestatais. Já quando o autor fala em "distribuição eqüitativa de energia" alude à evolução entrópica dos sistemas térmicos. Sugere, pois, ser igualmente válido para as paisagens o princípio de que a "desigualdade" inicial dá, aos poucos, lugar à uma espécie de homogeneidade – algo do tipo "paisagem morna", aniquilando a anterior circunstância de extremismos combinados: ou extremo frio ou extrema quentura; ou a paisagem *p* ou nenhuma paisagem.

Na textualização seguinte o mesmo autor ainda volta a se valer de teoria sistêmica a fim de explanar acerca da estabilidade provisória das paisagens (e daí, provavelmente, o hábito dos geomorfólogos utilizarem a expressão – estranha à termodinâmica clássica – "equilíbrio dinâmico"). O extrato, apesar de longo, é boa ilustração porquanto apresenta a crida aplicabilidade aos fenômenos, processos e formas de interesse da Geografia Física.

"A teoria do equilíbrio dinâmico demonstra que os aspectos das formas não são estáticos e imutáveis, mas que são mantidos pelo fluxo de matéria e energia. Com o passar do tempo, a massa da paisagem estará sendo removida e implicando em alterações progressivas em algumas propriedades geométricas, como no decréscimo do relevo médio, desde que não haja nenhuma compensação tectônica. A existência do princípio do tamanho ótimo e a da lei do crescimento para os componentes individuais, ou subsistemas, implicam que se a energia disponível dentro do sistema for suficiente para impor o tamanho ótimo naquele sistema, esse tamanho será mantido através do tempo e não estará sempre susceptível às mudanças sucessivas e seqüenciais. A densidade de drenagem e a estruturação das redes

de drenagem podem permanecer as mesmas através de oscilações paleoclimáticas, como na sucessão de fases secas e úmidas das áreas intertropicais. Para que haja modificações sensíveis no sistema é preciso que essas oscilações ultrapassem os limiares que interferem no equilíbrio interno, ocasionando reajustamento geral." (CHRISTOFOLETTI, 1988, p. 263).

"Se a evolução fosse a da termodinâmica linear, o geossistema caminharia para um estado estacionário próximo da máxima entropia, compatível com as condições reinantes nos fatores controlantes. Por exemplo: esse estado seria o das superfícies aplainadas, no ciclo de erosão, e o clímax, no tocante à vegetação? Entretanto, Prigogine mostra que o comportamento predominante é o dos sistemas não-lineares submetidos a condições de não-equilíbrio, salientando-se nessa abordagem o papel das flutuações." (CHRISTOFOLETTI, 1990, p. 30-31).

Encerramos as citações de Christofoletti com a recém colocada. Pareceu-nos necessário sublinhar o fato deste geógrafo – como foi o caso de alguns outros – ter percebido a tempo a restrição da termodinâmica que há pouco chamamos de "clássica" (em outras palavras, a desenvolvida para o exame teórico dos sistemas isolados; impedidos, por conseguinte, de estacionarem em estado suficientemente distante dos de mais elevada *entropia*). Sem dúvida, o aprimoramento da teoria, que veio a resultar na idéia de sistemas dissipativos (logo, abertos), ajudou um pouco a que os usuários deste método interpretativo evitassem equívocos conceituais graves, como os de identificar máxima *entropia* com ordem no sistema ou equilíbrio (mesmo adjetivando-o) com *steady-state*.

Vejamos agora uma textualização furtada do livro *The web of life*, de Fritjof Capra (1996).

"Unlike closed systems, which settle into a state of thermal equilibrium, open systems maintain themselves far from equilibrium in this 'steady state' characterized by continual flow and change. [...] He [Bertalanffy] recognized clearly that classical thermodynamics, which deals with closed systems at or near equilibrium, is inappropriate to describe open systems in steady states far from equilibrium." (CAPRA, 1996, p. 48).

Aqui é a vez de Capra fazer o préstimo de esclarecer aquela restrição. A deriva epistemológica fora, após premeditada, desenvolvida bem a propósito pelas reflexões de Ludwig von Bertalanffy (1952) e Ilya Prigogine (1955).

"Toda a organização neguentrópica trabalha para a sua morte trabalhando para a sua vida, mas sabe transformar em processo de vida o processo de morte." (MORIN, 1977, p. 273).

Finalmente, uma assertiva de Edgar Morin. Dela, seca e objetiva como têm de ser toda afirmação que deseja ênfase sobre si, extraímos a importante noção de *neguentropia* (ou *entropia* negativa). É que em sistemas dissipativos, que expurgam energia já inapta à realização de trabalho (trabalho construtor de ordem interna), a contrapartida de receberem, de bom grado, energia da ambiência lhes proporciona a faculdade de atenuar o nível de desordem – diminuem, enfim, a entropia interna e estacionam, usufruindo de margem de segurança. Mas o preço a se pagar por este dom de auto-preservação naturalmente pressupõe a justa abertura; e abertura, fatalmente, o iminente risco de desordenarem-se.

Em geomorfologia, ainda que o recurso lingüístico à teoria dos sistemas dissipativos não seja tão extensivo quanto o poderia, o assim chamado equilíbrio dinâmico quereria dizer uma condição absorvente de *entropia* negativa. Então, a fim de as paisagens auto-organizarem-se (sua sobrevida) precisariam habituar-se às situações de risco (catástrofes, azares: sua quase morte), visto que uma eficiente organização interna requer ampla comunicabilidade com o exterior – lá de onde vêm as perturbações de magnitude, por vezes, inestimáveis.

"CONCLUINDO": DA EPISTEMOLOGIA CURIOSA, UMA DEDUÇÃO NATURAL(ISTA)

Admitida a validade descritiva da teoria sistêmica (é lógico, devidamente aperfeiçoada pelas noções de não-linearidade e dissipação em sistemas do tipo aberto) incita um pensamento curioso, no mínimo. Ainda que esta validade se restrinja ao campo da analogia, ela nos induz a cogitar que, mais além de mero isomorfismo, a estrutura das paisagens pode mesmo dever seu arranjo visivelmente entrosado ao governo dos exatos mesmos princípios que regem a evolução os sistemas biológicos (impossíveis em isolamento).

A (pseudo) estabilidade das paisagens se daria às custas, ao mesmo tempo, do aumento da desordem exterior (já que a segunda lei da termodinâmica acaba se mantendo na supra-escala) e da imagem serena de placidez que sugere ao geógrafo-observador ser verdadeira. Abrindo-se, tornando-se mais complexas, auto-preservando-se, as paisagens não deixam de conviver com o perigo da desfiguração. Mas o risco é irresistível; se querem preservar elos internos (os criadores da forma paisagística num corte temporal) precisam estar o mais próximas da fronteira do equilíbrio estático – sua ruína organizacional.

Paisagens seriam como que organismos complexos; máquinas térmicas melhoradas pelo contínuo aprendizado que é viver à base de acidentes iminentes. Sobrevivem, por isso, sempre quase morrendo.

REFERÊNCIAS

BERRY, B. J. L. Cities as systems within systems of cities. **Papers of the Regional Science Association**, [s. l.], v. 13, p. 147-163, 1964.

BERTALANFFY, L. von. **Problems of life**: an evaluation of modern biological and scientific thought. 5. ed. New York: Harper Torchbooks, 1960. 216p. (primeira edição de 1952).

CAPRA, F. **The web of life**: a new scientific understanding of living systems. New York: Anchor Books, 1996. 347p.

CHORLEY, R. J. Geomorphology and general systems theory. **United States Geological Survey Professional Paper**, Washington, v. 500B, 10p., 1962.

CHRISTOFOLETTI, A. As teorias geomorfológicas. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 13, n. 25, p. 3-42, jun. 1973.

_____. Aspectos da análise sistêmica em geografia. **Geografia**, Rio Claro, v. 3, n. 6, p. 1-31, out. 1978.

_____. Abordagens teóricas em geomorfologia. In: COLÓQUIO BRASILEIRO DE HISTÓRIA E TEORIA DO CONHECIMENTO GEOLÓGICO, 1., 1988, Campinas. **O Conhecimento Geológico na América Latina**: questões de história e teoria. Campinas: [s. n.], 1988, p. 259-272.

_____. A aplicação da abordagem em sistemas na geografia física. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 2, p. 21-35, abr./jun. 1990.

CULLING, W. E. H. Multicyclic streams and the equilibrium theory of grade. **Journal of Geology**, [s. l.], v. 65, n. 3, p. 259-274, 1957.

HACK, J. T. Interpretation of erosional topography in humid temperate regions. **American Journal of Science**, [s. l.], v. 258-A, p. 80-97, 1960.

HAGGETT, P. **Locational analysis in human geography**. London: Edward Arnold, 1965. 339p.

MORIN, E. **O método**: 1. a natureza da natureza. Lisboa: Europa-América, 1977. 363p.

PRIGOGINE, I. **Introduction to thermodynamics of irreversible processes**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1967. 147p. (primeira edição de 1955).

SAUER, C. The morphology of landscape. **Publications in Geography**, Berkeley, v. 2, p. 19-53, 1925.

STRAHLER, A. N. Equilibrium theory of erosional slopes approached by frequency distribution analysis. **American Journal of Science**, New Haven, v. 248, n. 10, p. 673-696, 1950.

TROLL, C. Luftbildplan und ökologische bodenforschung. **Zeitschrift der Gesellschaftfür Erdkunde**, Berlin, p. 241-298, 1939.